Reprinted from
A. Jongerius (Editor)
SOIL MICROMORPHOLOGY
Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964
Printed in The Netherlands

MICROMORPHOLOGIE ET PÉDOZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Contribution à l'étude sur plaques minces de grandes dimensions d'un sol artificiel structuré par les Lombricides

C. JEANSON

Centre National de la Recherche Scientifique, Paris (France)

INTRODUCTION

L'étude, dans les sols en place, de l'activité de la faune et de sa participation à la genèse et à l'évolution du sol présente de nombreuses difficultés. Celles-ci viennent de la disparition plus ou moins marquée des conditions initiales et de la variation des facteurs du milieu. Les phénomènes biologiques se superposent aux phénomènes physico-chimiques et c'est souvent un effet global qui est saisi dans le milieu naturel. Il n'est pas possible d'évaluer l'action propre de chaque groupe d'animaux terricoles.

Pour approcher ce problème d'une manière plus précise, une méthode expérimentale (Jeanson, 1960, 1963) est appliquée à l'élevage de Lombricides. Le choix de ce groupe est basé sur l'importance de sa biomasse[1], du brossage[2] des horizons qu'il réalise dans la plupart des sols des climats tempérés et de l'intérêt pour la pratique agricole que pourrait présenter la connaissance de la structure qu'il détermine dans un milieu donné.

L'étude micromorphologique des coupes longitudinales dans des élevages de Lombricides permet de comparer le milieu initial au milieu final et d'évaluer l'action d'une espèce sur un milieu artificiel soumis à des facteurs contrôlés.

METHODES

Élevage

Principe

Un milieu artificiel dont l'humidité, la température et l'éclairement sont constants recoit une espèce déterminée de Lombricides pendant un certain temps.

---

[1] 120 individus ou 60 g/m² sur une profondeur de 20 cm soit 600 kg/ha dans une chênaie (Bornebusch, 1950).

[2] Les galeries de *L. terrestris* Lin. vont jusqu'à 3 m de profondeur. Les rejets de surface peuvent atteindre 62 tonnes/ha/an pour les sols agricoles ($\sim \frac{1}{2}$ cm) (Evans, 1948).

Dispositif expérimental

Des tubes de verre de 30 cm de hauteur et de 10 cm de diamètre maintiennent le milieu d'élevage sur un plan d'eau constant de 3 cm. L'humidification se fait par ascension capillaire. L'évaporation est limitée en maintenant l'atmosphère saturée en surface par une éponge humide. Les élevages sont placés dans une pièce à température constante (18–20° C) à l'obscurité pour éviter le développement des algues sur les parois.

Milieu initial

Les matériaux utilisés pour la série d'expériences considérée sont: la terre d'un horizon d'accumulation d'un sol de limon, de la luzerne, du carbonate de calcium.

L'horizon-B a les caractéristiques physiques et chimiques suivantes (Bastisse, 1951, p.729).

TABLEAU I

Horizon d'accumulation d'un sol de limon (Versailles)

Analyse physique (‰ de terre sèche)		Analyse chimique (‰ de terre sèche)	
sable grossier > 200 μ	8	CaO des carbonates	3,36
sable fin 200–20 μ	559	Bases échangeables CaO	4,9
limon 20– 2 μ	160	MgO	0,35
argile < 2 μ	247	K_2O	0,13
calcaire	6	P_2O_5 assimibilable (acide citrique 2%)	0,07
matière organique	7		
colloides humaniques	2	N_2O_5 du N total	1,89
pH	7	Carbone total (Méthode d'Anne)	3,00

La terre peut être soit employée seule comme milieu d'élevage, soit mélangée à 1% de farine de foin de luzerne et à 1% de carbonate de calcium en poudre sur toute la hauteur de la colonne ou sur une moitié seulement selon les essais.

La structure du milieu initial est de deux types: soit grumeleuse avec des agrégats inférieurs à 2 mm, soit compacte sans agrégats. Elle est conditionnée par le mode de remplissage des tubes. Les agrégats terreux ou les matériaux mélangés sont versés d'un mouvement giratoire par petites pelletées pour répartir les particules d'une manière homogène directement dans les tubes pour la structure grumeleuse et dans 10 cm d'eau pour la structure compacte.

Espèces

Deux individus de taille et de poids voisins appartenant aux genres *Lumbricus terrestris* Linné et *Allolobophora icterica* Savigny, espèces fréquentes dans les sols de limon cultivés de la région de Versailles, sont élevés de 1–19 mois selon les essais. En fin d'expérience, ils sont extraits

du milieu par le courant électrique pour arrêter leur activité à un moment déterminé et éviter que leur présence ne perturbe les mesures physiques et les dosages chimiques ultérieurs.

Contrôle des élevages

En cours d'expérience, à travers les parois des tubes, on peut suivre les modifications progressives de la structure et de la porosité (Jeanson, en préparation), en fonction du développement du réseau de galeries périphériques.

Étude micromorphologique

Fabrication des plaques minces

Après extraction des lombrics et dessiccation du milieu d'élevage à l'étuve, les blocs de terre sont imprégnés par une résine polyester qui les plastifie sans modification de la structure, puis découpés longitudinalement et polis selon la méthode de Jongerius et Heintzberger (1963). Les plaques minces obtenues ont 15 x 8 cm, 10–20 μ, elles couvrent les 3/4 de la section longitudinale des élevages (20 x 10 cm), la base de ceux-ci étant en contact direct avec le plan d'eau n'est jamais exploré par les lombrics et ne figure pas sur les plaques minces.

Mesure des pores

Dans le milieu final, on distingue des pores de deux catégories de taille: des pores d'un diamètre inférieur à 2 mm dûs aux fermentations microbiennes et des pores supérieurs à 4 mm représentant les sections des galeries ou des loges d'habitation des lombrics.

Les mesures des pores se font sur des négatifs obtenus par projection de l'image donnée au microscope polarisant (nicols croisés). Les clichés grossissant 4,3 x les plaques minces sont recouvertes d'une plaque de plexiglass quadrillée à maille de 5 mm. Le diamètre des pores est mesuré par le réseau et le nombre de pores de chaque catégorie compté sur chaque ligne horizontale. Cette technique de mesure, simplifiée par rapport à celle utilisée par Jongerius (1962), se base sur les principes rappelés par Hennig (1958).

RÉSULTATS

Deux cas choisis dans une série d'expériences sont décrits à titre d'exemple. Les observations sont faites au microscope polarisant et sur négatifs photographiques.

Micromorphologie réalisée par Lumbricus terrestris Lin.

Conditions expérimentales

Deux individus sont élevés pendant un mois dans une colonne d'horizon-B à structure grumeleuse.

Structure du milieu d'élevage

Aspect général. Le négatif (Fig.1) de la plaque mince montre un réseau important de galeries (sections transversales et longitudinales) réparti à tous les niveaux de l'élevage avec une légère concentration à la partie inférieure. La présence de galeries plus nombreuses en profondeur indique une humidité supérieure plus favorable aux animaux. Dans cette zone la structure devient progressivement compacte par suite du tassement.

Distribution dimensionnelle des pores. La répartition des pores est donnée dans le Tableau II. Les pores inférieurs à 2 mm sont dûs à la structure initiale du milieu, les autres à l'action de *L. terrestris* Lin. La classification dimensionnelle du diamètre des pores donnée aux Tableaux II et III est déduite de celle des pores sur Fig.1–3 (5, 10, 20, 40 mm) compte tenu du grandissement 2,2.

Structure caractéristique

Les parois des galeries sont formées d'un manchon à grains fins contrastant nettement avec celui de la terre environnante. Ce manchon est dû au tri

---

Fig.1. Structure réalisée par *Lumbricus terrestris* Lin. (en un mois à partir d'un milieu initial à structure grumeleuse); x 2,2. (1) Section longitudinale d'une galerie. (2) Section transversale. (3) Paroi: manchon à grains fins. (4) Zone de tassement entre deux galeries. (5) Micropores <2 mm dus à la structure initiale du milieu. (6) Cassure due au démoulage. (7) Arrachements étoiles dus au polissage. (8) Base de l'élevage, structure compacte due au tassement.

Fig.2. Structure réalisée par *Allolobophora icterica* Sav. (en dix-neuf mois à partir d'un milieu initial à structure compacte enrichi en luzerne); x 2,2. (1) Section transversale de galerie, paroi avec manchon à grains fins. (2) Galerie avec une paroi à deux zones concentriques (3 et 4). (3) Pellicule de matières humifiées. (4) Stries concentriques d'oxydes ferriques. (5) Loge d'habitation. (6) Déjections. (7) Micropores dus aux fermentations microbiennes.

Fig.3. Structure réalisée par *Allolobophora icterica* Sav. (en dix-neuf mois à partir d'un milieu initial à structure compacte enrichi en luzerne et en carbonate de calcium dans sa moitié supérieure); x 2,2. (1) Pellicule de matières humifiées. (2) Loge d'habitation avec une paroi à 3 zones (1, 3, 4). (3) Carbonate de calcium. (4) Stries concentriques d'oxydes ferriques. (5) Micropores.

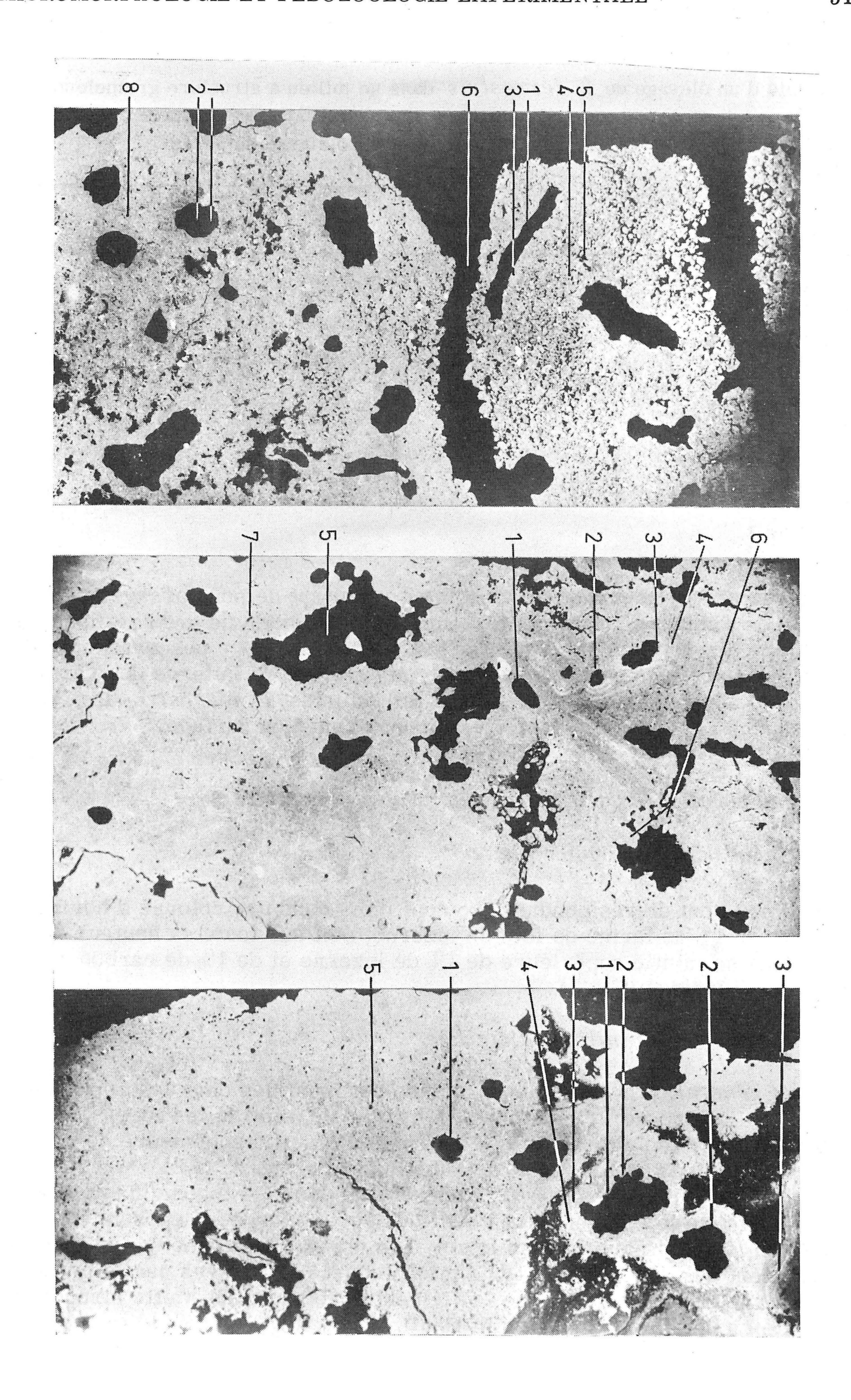

8
2
1
6
3
1
4
5
7
5
1
2
3
4
6
5
1
4
3
1
2
2
3

TABLEAU II

Porosité d'un élevage de *L. terrestris* dans un milieu à structure grumeleuse[1]

Taille des pores (mm)	Porosité de chaque classe de pores (%)	
	moitié supérieure	moitié inférieure
<1,1	16,2	9,8
1,1 –2,3	0,9	10,2
2,3 –4,65	6,2	5,8
4,65–9,3	5,6	6,3
>9,3	0	0
Total	28,9	32,1
Porosité total	61,0	

[1] cf. Fig.1.

effectué par le lombric et au tassement résultant de son passage.

Les lombrics tapissent, en effet, leurs galeries de produits issus de leur tube digestif contenant des particules triées. Cette observation est confirmée par les résultats de l'analyse physique de la terre des parois. On note l'absence de déjections dans les galeries, *L. terrestris* Lin. est une espèce rejetant ses terricules de préférence en surface.

Micromorphologie réalisée par Allolobophora icterica Sav.

Conditions expérimentales

Deux vers sont élevés pendant dix-neuf mois dans une colonne d'horizon-B enrichi de 1% de farine de foin de luzerne, soit sur toute sa hauteur (Fig.2), soit dans sa moitié supérieure de 1% de luzerne et de 1% de carbonate de calcium pulvérisé (Fig.3).

Structure des milieux d'élevage

Aspect général. L'activité des lombrics est localisée dans les zones contenant de la luzerne: les galeries (diamètre 4–6 mm) et les loges d'habitation (diamètre 8–10 mm) sont dans la moitié supérieure de l'élevage (Fig.3) ou sur toute la hauteur de l'élevage (Fig.2).

Les déjections sont surtout présentées dans les loges d'habitation. Ceci confirme le comportement d'*Allolobophora*, espèce déposant ses terricules en grandes parties dans le sol. Les pores d'un diamètre inférieur à 2 mm sont dûs aux fermentations microbiennes favorisées par la présence de luzerne, matière organique facilement décomposable. Cette structure est dite en "mie de pain" (Hénin, 1960).

Distribution dimensionnelle des pores. La taille des pores et leur répartition selon la profondeur sont données par le Tableau III.

TABLEAU III

Porosité des élevages d'*A. icterica* dans des milieux à structure compacte

Taille des pores (mm)	Porosité de chaque classe (%)			
	matière organique sur toute sa hauteur[1]		matière organique sur la moitié supérieure[2]	
	moitié supérieure	moitié inférieure	moitié supérieure	moitié inférieure
<1,1	0,88	0,59	0,5	4,2
1,1 –2,3	1,79	2,39	2,2	0,4
2,3 –4,65	2,10	3,70	6,4	1,8
4,65–9,3	2,12	2,16	12,0	0
>9,3	1,30	0	0	0
total	8,19	8,84	21,1	6,4
Porosité totale	17,03		27,5	

[1] cf. Fig.2.
[2] cf. Fig.3.

Structures caractéristiques

Au manchon de fines particules tapissant les parois des galeries et les loges d'habitation s'ajoutent des zones concentriques de matières humiques, de carbonate de calcium et d'oxydes de fer.

Deux zones concentriques. Dans les élevages contenant 1% de luzerne une pellicule noirâtre de un millimètre se forme sur la face interne du manchon à grains fins. Elle est formée de matière humique noire et de terre initiale, sa teneur en carbone est de 35% en valeur relative supérieure à celle de la terre avoisinante. Cette zone est discontinue et partiellement visible sur les clichés. Elle est formée de débris végétaux digérés par le lombric rejetés avec les déjections (Fig.2).

Une zone de couleur rouille de 4 mm pui succède. Elle est formée de stries successives d'oxydes ferriques qui peuvent commencer dans le manchon à grains fins et s'étendre au-delà. En effet, la matière organique en fermentation provoque dans la terre en cours d'élevage une solubilisation du fer et l'apparition de taches bleu-verdâtres dûes au fer ferreux caractéristique du "gley". Il précipite en fer ferrique et s'oxyde au contact de l'air des galeries en stries successives.

Trois zones concentriques. En présence de carbonate de calcium et de luzerne, une zone d'un millimètre s'intercale entre la zone noire et la zone rouille. Elle est formée d'un précipité continu de carbonate de calcium, qui

peut avoir deux origines: soit produit par le métabolisme du ver, soit par une précipitation du bicarbonate de calcium (le CO_2 des fermentations solubilisant le CO_3Ca du milieu initial) au contact de l'air (Fig.3).

L'origine de cette formation est en cours.

CONCLUSION

L'étude micromorphologique des plaques minces faites dans un sol artificiel où sont élevés des lombrics permet de préciser les conditions de la formation et la structure des parois des galeries en relation avec la présence de matière organique. La variété des conditions expérimentales conduit malgré tout à une homogénéité des résultats.

Quelle que soit l'espèce élevée et le milieu, un manchon à grains fins suivi d'une zone de tassement entoure chaque galerie. Par contre, les matériaux du milieu d'élevage conditionne la nature des précipitations chimiques groupées en zones concentriques autour du manchon.

La double origine biologique et physico-chimique des parois de galeries de deux espèces de Lombricides, mise en évidence expérimentalement, permet d'interpréter les formations analogues dans le milieu naturel.

SUMMARY

Micromorphology and experimental soil zoology: a contribution to the investigation by means of mammoth-sized thin sections of artificial soil structurated by earth-worms

This paper deals with the micromorphological investigations of two earthworm culture experiments in a texture-B material of loess loam.

Experiment I. *Lumbricus terrestris* Lin. reared during one month in an anaerobic environment without organic material. The initial soil structure was characterized by aggregates <2 mm.

Experiment II. *Allolobophora icteria* Sav. reared during nineteen months in an anaerobic environment with organic matter. Soil structure was destroyed at the beginning of the experiment as a result of the mixing of components (soil, lucerne and $CaCO_3$).

At the end of the experiments, it appeared that: (1) The distribution of the network of earthworm tunnels in the cultures varied with the position of the organic material. This network determined the macroporosity, whereas the microbiological fermentation caused the microporosity. (2) The tunnels were covered by a continuous layer of fine particles. The layer had a thickness of about one-tenth of the tunnel diameter and was formed by the earthworms from selected particles, which were plastered to the tunnel wall. (3) In the culture experiment containing 1% lucerne and 1% $CaCO_3$, the mentioned layer was surrounded by three concentric zones consisting of humic material, $CaCO_3$ and iron-oxides respectively. The humic zone had a biological origin, the other two were caused by physico-chemical factors.

BIBLIOGRAPHIE

Bastisse, E.M., 1951. Dix-huites années d'études lysimétriques appliquées à l'agronomie. Ann. Agron., 2 : 727–781.

Bornebusch, C.H., 1950. Soil fauna and its importance in soil type formation. Trans. Int. Congr. Soil Sci., 4th, Amsterdam, 1950, 1 : 173–184.

Evans, A.C., 1948. Studies on relationships between earthworms and soil fertility. Ann. Appl. Biol., 35 : 1–13.

Henin, S., 1960. Le profil cultural. Soc. Éd. Ingr. Agr., Paris, 230 pp.

Hennig, A., 1958. Kritische Betrachtungen zur Volumen- und Oberflächenmessung in der Mikroskopie. Zeiss-Werkzeitschrift,30 : 78–86.

Jeanson, C., 1960. Étude expérimentale de l'action de Lumbricus herceulus (Savigny) (Oligochète lumbricide) sur la stabilité structurale des terres. Compt. Rend., 250 : 3041–3043.

Jeanson, C., 1961. Sur une méthode d'étude du comportement de la faune du sol et de sa contribution à la pédogénèse. Compt. Rend. 253 : 2571–2573.

Jeanson, C., 1963. Perspective de la pédozoologie expérimentale. In: J.A. Moore (Editor), Proc. Intern. Congr. Zool. 16, Wash., D.C., 2 : 311.

Jeanson, C., en préparation. Essai de pédozoologie expérimentale: Morphologie d'un sol artificiel structuré par les Lombricides.

Jongerius, A., 1962. Optic volumetric measurements on some humus-forms. In: J. v.d. Drift and J. Doeksen (Editors), Soil organisms. North Holland, Amsterdam, pp.137–148.

Jongerius, A. and Heintzberger, G., 1963. The preparation of mammoth-sized thin sections. Soil Surv. Papers, Neth. Soil Surv. Inst., 1 : 37 pp.